

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛЕНОК $\text{Cu}_x\text{Si}_{1-x}$ ПРИ РАСПЫЛЕНИИ СОСТАВНОЙ МИШЕНИ Cu-Si ИОННЫМ ПУЧКОМ

Польшин И.В.¹, Барков К.А.¹, Керсновский Е.С.¹, Терехов В.А.¹, Нестеров Д.Н.¹, Ивков С.А.¹, Ситников А.В.²

¹ Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия

² Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия

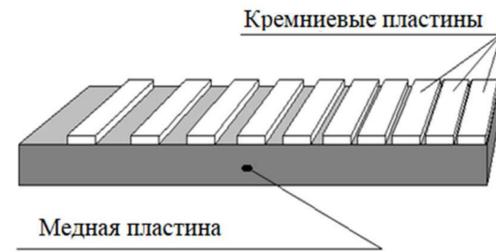
polshin@phys.vsu.ru

Актуальность

Система Cu-Si применяется в микроэлектронике, в последнее время представляет интерес в производстве нового типа литий-ионных аккумуляторов. Однако для получения тонких пленок Cu-Si используются такие методы, как магнетронное, электронно- и ионно-лучевое распыление, которые характеризуются достаточно высокой энергией частиц, падающих на подложку. При этом не исключается вероятность образования метастабильных фаз и других составов при охлаждении частиц на подложке. Поэтому исследования структуры, фазового состава, электронного строения и электрических свойств пленок Cu-Si , полученных ионно-лучевым распылением очень важны и актуальны.

Объекты исследований

Нанокондитные пленки $\text{Cu}_x\text{Si}_{1-x}$ получены с помощью ионно-лучевого распыления составной мишени Cu-Si . Кремниевые навески на медной пластине обеспечивают градиент содержания Cu вдоль образца.



Методы исследований

Элементный состав пленок $\text{Cu}_x\text{Si}_{1-x}$ определялся методом энергодисперсионной спектроскопии (при энергии первичного пучка 20 кэВ) с помощью сканирующего электронного микроскопа JEOL JSM-6380LV с микроанализатором INCA250.

Анализ формирования кристаллических фаз в пленках Cu-Si проводился методом рентгеновской дифракции с помощью рентгеновского дифрактометра ДРОН 4-07 с медным источником излучения ($\lambda \text{ Cu } K\alpha_{1,2} = 1,5406 \text{ \AA}$). Расчет размеров кристаллитов проводился по формуле Дебая-Шеррера

Вольт-амперные характеристики снимались на постоянном токе с помощью двух зондов, которые устанавливались в геометрический центр образца, размеры которого $\sim 1 \times 1 \text{ см}$. Расстояние между зондами не изменялось и было равно $\sim 0,6 \text{ см}$

Результаты

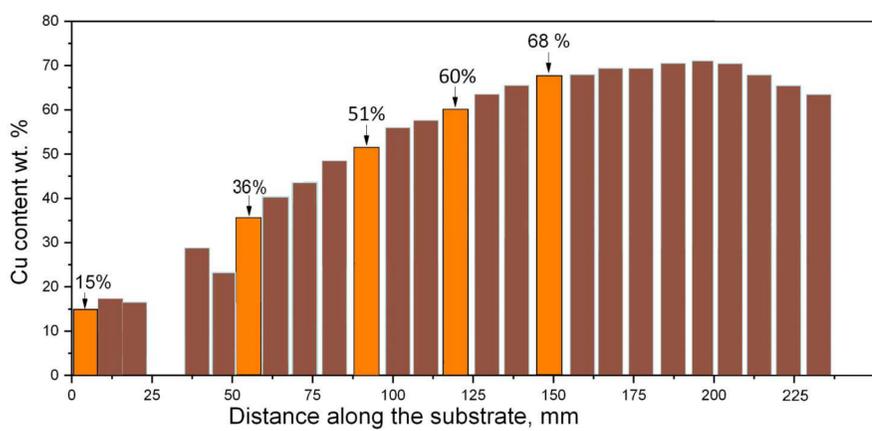


Рис.1 - Относительное содержание Cu (вес.%) в пленке Cu-Si вдоль подложки.

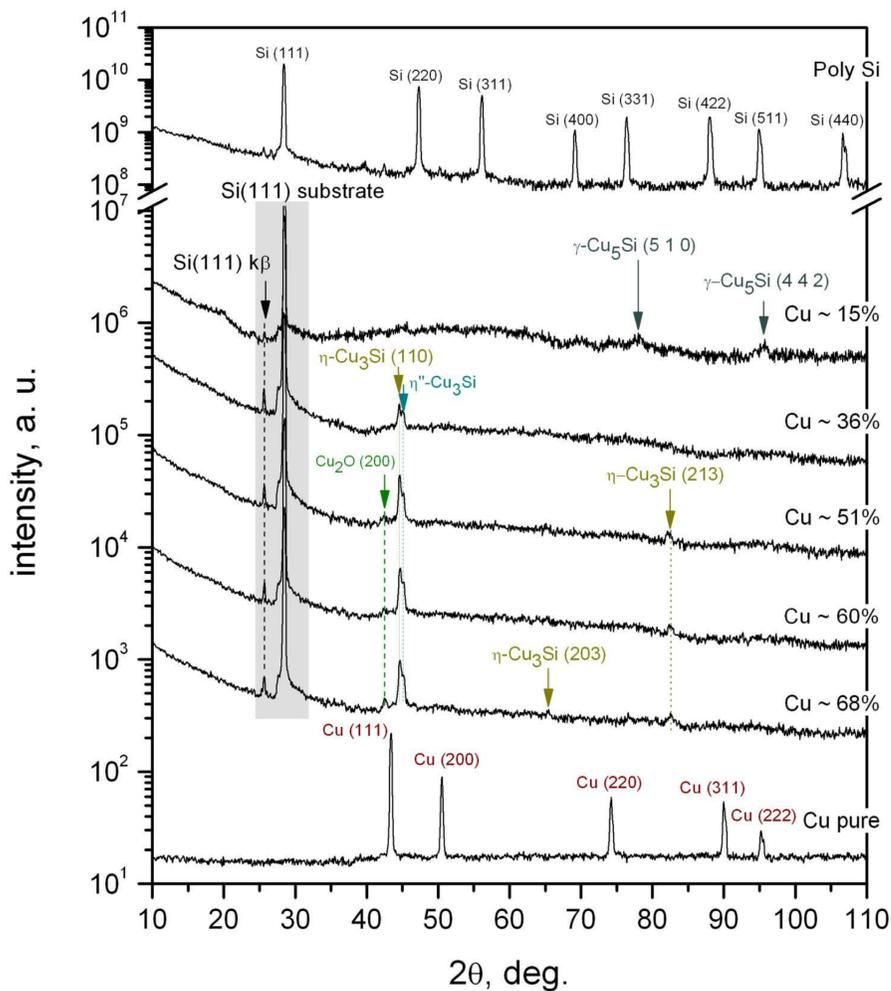
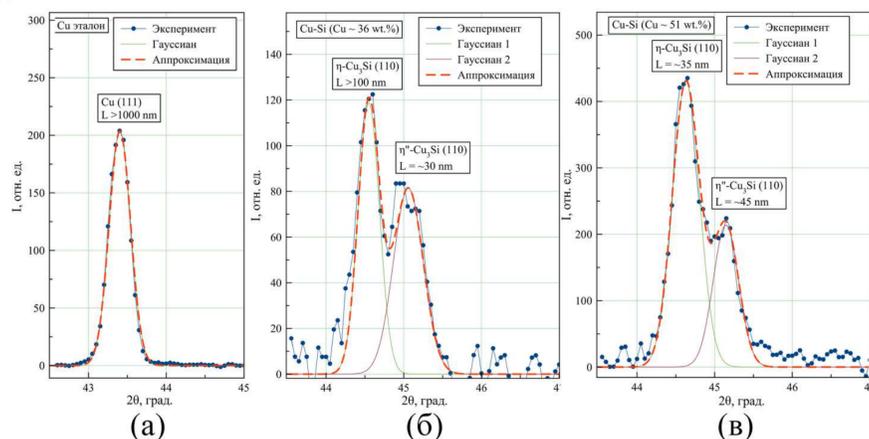


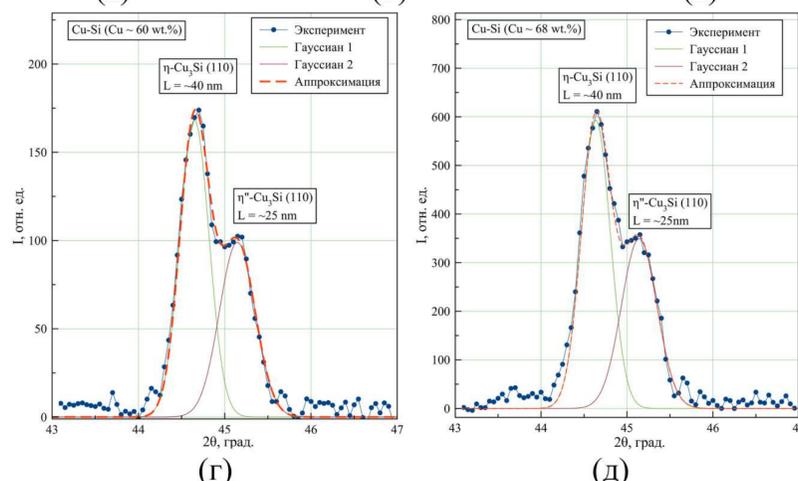
Рис.2 - Рентгеновские дифрактограммы пленок Cu-Si с содержанием Cu ~ 15 , 36 и 68 вес.%, а также эталонов поликремния и меди.



(а)

(б)

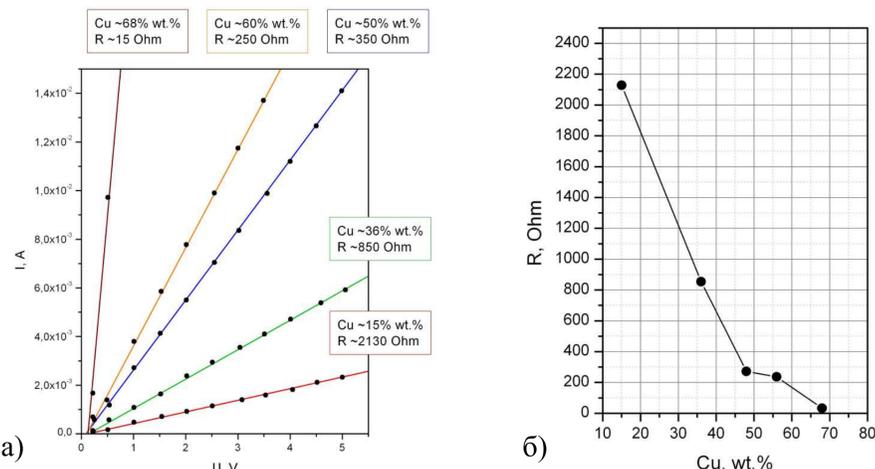
(в)



(г)

(д)

Рис.3 - Рентгеновские дифрактограммы, зарегистрированные в области рефлекса $\text{Cu}(111)$ для образца чистой меди (а), а также в области рефлексов $\eta\text{-Cu}_3\text{Si}(110)$ и $\eta''\text{-Cu}_3\text{Si}(110)$ для пленки Cu-Si с содержанием Cu $\sim 36\%$ (б), $\sim 51\%$ (в), $\sim 60\%$ (г) и $\sim 68\%$ (д); а также размер нанокристаллов для этих фаз



а)

б)

Рис.4 - (а) ВАХ пленок Cu-Si с относительным содержанием Cu ~ 15 , 36 , 50 , 60 и 68 вес.%, и (б) зависимость сопротивления пленок от содержания меди.

Выводы

В пленках с низким содержанием меди (~ 15 вес.%) формируется высокотемпературная интерметаллидная фаза $\gamma\text{-Cu}_5\text{Si}$, а избыточный кремний в пленке в основном находится в виде аморфного кремния $a\text{-Si}$;

Увеличение содержания меди в составе пленки до ~ 36 вес.%, приводит к формированию высокотемпературных фаз $\eta\text{-Cu}_3\text{Si}$ и $\eta''\text{-Cu}_3\text{Si}$, при этом распределение в валентной зоне данной пленки становится характерным для силицидов;

В пленке с максимальным содержанием меди до ~ 68 вес.%, также формируются фазы $\eta\text{-Cu}_3\text{Si}$ и $\eta''\text{-Cu}_3\text{Si}$, а также наблюдается частичное окисление меди с формированием оксида Cu_2O .

Размеры нанокристаллов для высокотемпературной модификации $\eta\text{-Cu}_3\text{Si}$ с ростом содержания Cu уменьшаются от >100 до $35\text{-}40$ нм; для фазы $\eta''\text{-Cu}_3\text{Si}$ рост содержания Cu от ~ 36 до ~ 51 вес.%, приводит к увеличению размеров кристаллитов от 35 до 45 нм соответственно, дальнейший рост содержания Cu в пленке приводит к уменьшению размеров нанокристаллитов до ~ 25 нм.

Увеличение содержания Cu в составе пленок Cu-Si от ~ 15 вес.%, до ~ 68 вес.%, сопровождается уменьшением сопротивления от $\sim 2 \times 10^3$ до ~ 20 Ом.